

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 2 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 1 1 5 3 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 1 1 5 3 6]

願 人 株式会社リコー
Applicant(s):

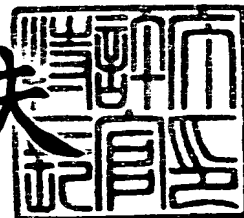
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 4 年 3 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 6 1 0 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 0304592
【提出日】 平成16年 1月21日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C30B 29/38
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社 リコー内
 【氏名】 岩田 浩和
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社 リコー内
 【氏名】 皿山 正二
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷 1 - 1 2 - 4
 【氏名】 山根 久典
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県宮城郡利府町青山 3 - 3 - 1
 【氏名】 青木 真登
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区貝ヶ森 3 - 2 9 - 5
 【氏名】 島田 昌彦
【特許出願人】
 【識別番号】 000006747
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
 【氏名又は名称】 株式会社 リコー
 【代表者】 桜井 正光
【代理人】
 【識別番号】 100090240
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市西区浅間町 1 丁目 5 番 1 号 インテンション横浜
 6 0 1 号
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 植本 雅治
 【電話番号】 045-316-1042
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 009793
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9808722

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

少なくともアルカリ金属とⅢ族金属原料と窒素とが溶解した溶液からⅢ族窒化物結晶を成長させるⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記溶液に、Ⅲ族窒化物結晶の c 軸に平行な方向の成長速度を c 軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質を含ませて、Ⅲ族窒化物結晶を成長させることを特徴とするⅢ族窒化物の結晶成長方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、Ⅲ族窒化物を種結晶から結晶成長させることを特徴とするⅢ族窒化物の結晶成長方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記種結晶は、少なくともⅢ族窒化物を結晶成長させる表面が、結晶成長させるⅢ族窒化物と同種類のⅢ族窒化物である事を特徴とするⅢ族窒化物の結晶成長方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載のⅢ族窒化物の結晶成長方法で作製されたⅢ族窒化物結晶。

【請求項 5】

請求項 4 記載のⅢ族窒化物結晶を用いたことを特徴とする半導体デバイス。

【請求項 6】

請求項 5 記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項 4 記載のⅢ族窒化物結晶上に積層した半導体積層構造を有する発光素子であることを特徴とする半導体デバイス。

【請求項 7】

請求項 5 記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項 4 記載のⅢ族窒化物結晶を用いて形成された受光素子であることを特徴とする半導体デバイス。

【請求項 8】

請求項 5 記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項 4 記載のⅢ族窒化物結晶を用いて形成された電子デバイスであることを特徴とする半導体デバイス。

【請求項 9】

請求項 5 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の半導体デバイスを具備したことを特徴とするシステム。

【書類名】明細書

【発明の名称】ⅢⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法及びⅢⅢⅢ族窒化物結晶及び半導体デバイス及びシステム

【技術分野】

【0001】

本発明は、ⅢⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法及びⅢⅢⅢ族窒化物結晶及び半導体デバイス及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

現在、紫外、紫～青～緑色光源として用いられているInGaAlN系（ⅢⅢⅢ族窒化物）デバイスは、その殆どがサファイアあるいはSiC基板上に、MOCVD法（有機金属化学気相成長法）やMBE法（分子線結晶成長法）等を用いた結晶成長により作製されている。サファイアやSiCを基板として用いる場合の問題点としては、ⅢⅢⅢ族窒化物との熱膨張係数差や格子定数差が大きいことに起因する結晶欠陥が多くなることが挙げられ、このために、デバイス特性が悪かったり（例えば発光デバイスの寿命を長くすることが困難であったり）、動作電力が大きくなったりするという問題が生じる。

【0003】

更に、サファイア基板の場合には絶縁性であるために、従来の発光デバイスのように基板側からの電極取り出しが不可能であり、結晶成長した窒化物半導体表面側からの電極取り出しが必要となる。その結果、デバイス面積が大きくなり、高コストにつながるという問題点がある。

【0004】

また、サファイア基板上に作製したⅢⅢⅢ族窒化物半導体デバイスは劈開によるチップ分離が困難であり、レーザダイオード（LD）で必要とされる共振器端面を劈開で得ることが容易ではない。このため、現在はドライエッチングによる共振器端面形成や、あるいはサファイア基板を100μm以下の厚さまで研磨した後に、劈開に近い形で共振器端面形成を行っている。この場合にも、従来のLDのような共振器端面とチップ分離を単一工程で、容易に行うことが不可能であり、工程の複雑化ひいてはコスト高につながる。

【0005】

これらの問題を解決するために、サファイア基板上でのⅢⅢⅢ族窒化物半導体膜の選択横方向成長やその他の工夫を行うことで、結晶欠陥を低減させることが提案されている。この手法では、サファイア基板上にGaN膜を選択横方向成長しない場合に比較して、結晶欠陥を低減させることが可能となるが、サファイア基板を用いることによる、絶縁性と劈開に関する前述の問題は依然として残っている。更には、工程が複雑化すること、及び、サファイア基板とGaN薄膜という異種材料の組み合わせに伴う基板の反りという問題が生じ、これらは高コスト化につながっている。

【0006】

こうした問題を解決するためには、基板として、基板上に結晶成長する材料と同一であるGaN基板の実現が最も望ましい。そのため、気相成長、融液成長等により、バルクGaNの結晶成長の研究がなされている。しかし、未だ高品質で且つ実用的な大きさを有するGaN基板は実現されていない。

【0007】

GaN基板を実現する一つの手法として、非特許文献1（第一の従来技術）には、Naをフラックスとして用いたGaN結晶成長方法が提案されている。この方法は、アジ化ナトリウム（NaN₃）と金属Gaを原料として、ステンレス製の反応容器（容器内寸法；内径＝7.5mm、長さ＝100mm）に窒素雰囲気中で封入し、その反応容器を600～800℃の温度で24～100時間保持することにより、GaN結晶を成長させるものである。

【0008】

この第一の従来技術は、600～800℃と比較的低温での結晶成長が可能であり、容

器内圧力も高々 100 kg/cm^2 程度と比較的圧力が低く、実用的な成長条件であることが特徴である。しかし、この方法の問題点としては、得られる結晶の大きさが 1 mm に満たない程度に小さい点である。

【0009】

すなわち、第一の従来技術では、反応容器が完全に閉じた系であり、外部から原料を補充する事ができない。そのため、結晶成長中に原料が枯渇し、結晶成長が停止するので、得られる結晶の大きさは 1 mm 程度と小さい。この程度の大きさではデバイスを実用化するには小さすぎる。

【0010】

この第一の従来技術の問題を解決するために、特許文献1、特許文献2に示されているような方法が提案されている。

【0011】

すなわち、特許文献1（第二の従来技術）には、III族窒化物結晶の大きさを大きくするために、III族窒化物結晶の結晶成長時に、III族金属を追加補充する方法が示されている。より具体的に、この方法では、図13に示すように、反応容器101内に成長容器102とIII族金属供給管103を設け、III族金属供給管103に外部から圧力をかけ、フラックスの収容された反応容器102にIII族金属104を追加補給するようにしている。

【0012】

また、特許文献2（第三の従来技術）には、フラックス（Na）とIII族金属（Ga）の混合融液が収容された融液供給管に外部から圧力をかけ、フラックスの収容された成長容器に混合融液を追加補給する方法と、成長容器内にフラックス（Na）とIII族金属（Ga）の金属間化合物を入れ、それを部分的に融解してIII族金属を追加補給する方法が示されている。

【非特許文献1】Chemistry of Materials Vol. 9 (1997) 413-416

【特許文献1】特開2001-058900号公報

【特許文献2】特開2001-102316号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述した第二、第三の従来技術では、原料の追加補給を結晶成長の途中で行うので、大型のIII族窒化物結晶を作製する事が可能である。

【0014】

しかしながら、当業者間には、第二、第三の従来技術よりもさらに低コストで、実用的な大型、大面積のIII族窒化物の基板結晶を作製できる方法が望まれている。

【0015】

本発明は、従来よりも低コストで、実用的な大きさの大型、大面積の高品質なIII族窒化物結晶を作製することの可能なIII族窒化物の結晶成長方法及びIII族窒化物結晶及び半導体デバイス及びシステムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、少なくともアルカリ金属とIII族金属原料と窒素とが溶解した溶液からIII族窒化物結晶を成長させるIII族窒化物の結晶成長方法において、前記溶液に、III族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質を含ませて、III族窒化物結晶を成長させることを特徴としている。

【0017】

また、請求項2記載の発明は、請求項1記載のIII族窒化物の結晶成長方法において、III族窒化物を種結晶から結晶成長させることを特徴としている。

【0018】

また、請求項3記載の発明は、請求項2記載のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記種結晶は、少なくともⅢ族窒化物を結晶成長させる表面が、結晶成長させるⅢ族窒化物と同種類のⅢ族窒化物である事を特徴としている。

【0019】

また、請求項4記載の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載のⅢ族窒化物の結晶成長方法で作製されたⅢ族窒化物結晶である。

【0020】

また、請求項5記載の発明は、請求項4記載のⅢ族窒化物結晶を用いたことを特徴とする半導体デバイスである。

【0021】

また、請求項6記載の発明は、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢ族窒化物結晶上に積層した半導体積層構造を有する発光素子であることを特徴としている。

【0022】

また、請求項7記載の発明は、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢ族窒化物結晶を用いて形成された受光素子であることを特徴としている。

【0023】

また、請求項8記載の発明は、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢ族窒化物結晶を用いて形成された電子デバイスであることを特徴としている。

【0024】

また、請求項9記載の発明は、請求項5乃至請求項8のいずれか一項に記載の半導体デバイスを具備したことを特徴とするシステムである。

【発明の効果】

【0025】

請求項1乃至請求項3記載の発明によれば、少なくともアルカリ金属とⅢ族金属原料と窒素とが溶解した溶液からⅢ族窒化物結晶を成長させるⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記溶液には、Ⅲ族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質を含ませるので、c軸方向に所望の長さをもつⅢ族窒化物結晶を従来よりも短時間で結晶成長することができる。すなわち、従来よりも低コストでⅢ族窒化物結晶を作製することができる。

【0026】

また、c軸方向の長さが長い結晶を成長し、c面を切断することで、c面を主面とする基板を複数枚作製することができる。また、c軸方向の長さが長いことで、従来よりも大面積のc面以外を主面とする基板を作製することができる。

【0027】

従って、低コストで、大型、大面積のⅢ族窒化物基板結晶を作製することができる。

【0028】

特に、請求項2記載の発明では、請求項1のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、Ⅲ族窒化物を種結晶から結晶成長させるので、さらにⅢ族窒化物を所定の位置に結晶成長することができる。また、結晶が成長する方向を特定することができる。その結果、溶液中の広い領域に結晶を成長させることができ、大きな結晶を作製することができる。

【0029】

また、請求項3記載の発明では、請求項2のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記種結晶は、少なくともⅢ族窒化物を結晶成長させる表面が、結晶成長させるⅢ族窒化物と同種類のⅢ族窒化物であるので、結晶成長するⅢ族窒化物と種結晶

が格子整合し、格子不整合による新たな欠陥が導入されることなく結晶成長させることができる。その結果、高品質のⅢⅢⅢ族窒化物を結晶成長させることができる。

【0030】

また、請求項4記載の発明によれば、請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載のⅢⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法で作製されたⅢⅢⅢ族窒化物結晶であるので、従来のⅢⅢⅢ族窒化物結晶よりもより低コストの高品質、大型のⅢⅢⅢ族窒化物結晶を提供することができる。

【0031】

また、請求項5記載の発明によれば、請求項4記載のⅢⅢⅢ族窒化物結晶を用いた半導体デバイスであるので、従来よりも高性能、高信頼性の半導体デバイスを提供することができる。すなわち、本発明の半導体デバイスを構成するⅢⅢⅢ族窒化物結晶には半導体デバイスの性能に悪影響を及ぼす欠陥が少ないので、従来よりも高性能、高信頼性の半導体デバイスを提供することができる。

【0032】

また、請求項6記載の発明によれば、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢⅢⅢ族窒化物結晶上に積層した半導体積層構造を有する発光素子であるので、該発光素子は、欠陥が少なく、高出力動作においても長寿命である。従って、従来よりも高出力で動作可能で高信頼性の発光素子を提供することができる。

【0033】

また、請求項7の発明によれば、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢⅢⅢ族窒化物結晶を用いて形成された受光素子であるので、受光素子を構成するⅢⅢⅢ族窒化物結晶に欠陥が少なく、暗電流が小さい。従って、従来よりもノイズレベルが低くS/N比が高い高感度の受光素子を提供することができる。

【0034】

また、請求項8の発明によれば、請求項5記載の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスは、請求項4記載のⅢⅢⅢ族窒化物結晶を用いて形成された電子デバイスであるので、電子デバイスを構成するⅢⅢⅢ族窒化物結晶に欠陥が少ない。従って、電極材料の異常拡散や高電界下における短絡が従来よりも改善され、より信頼性の高い高性能の電子デバイスを提供することができる。

【0035】

また、請求項9の発明によれば、請求項5乃至請求項8のいずれか一項に記載の半導体デバイスを具備したことを特徴とするシステムであるので、従来よりも、高性能、高信頼性のシステムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

以下、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0037】

(第1の形態)

本発明の第1の形態は、少なくともアルカリ金属とⅢⅢⅢ族金属原料と窒素とが溶解した溶液からⅢⅢⅢ族窒化物結晶を成長させるⅢⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記溶液に、ⅢⅢⅢ族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質を含ませて、ⅢⅢⅢ族窒化物結晶を成長させることを特徴している。

【0038】

前述した第二、第三の従来技術では、c軸に垂直な方向の成長速度は速いが、c軸方向の成長速度は遅く、そのために成長する大型結晶は数百ミクロン程度の厚さの板状結晶であった。結晶の厚さを厚くするには、長時間の結晶成長を行なう必要があるため、高コストとなっていた。

【0039】

これに対し、本発明の結晶成長方法では、アルカリ金属とⅢ族金属原料と窒素とのほかに、さらに、Ⅲ族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質が溶解した溶液中で、Ⅲ族金属と窒素とからなるⅢ族窒化物を結晶成長させるので、c軸方向に所望の長さをもつⅢ族窒化物結晶を従来よりも短時間で結晶成長させることができる。すなわち、従来よりも低コストでⅢ族窒化物結晶を作製することができる。

【0040】

また、c軸方向の長さの長い結晶を成長し、c面を切断することで、c面を主面とする基板を複数枚作製することができる。また、c軸方向の長さが長いことで、従来よりも大面積のc面以外を主面とする基板を作製することができる。

【0041】

従って、低コストで、大型、大面積のⅢ族窒化物基板結晶を作製することができる。

【0042】

なお、ここで、Ⅲ族窒化物とは、ガリウム、アルミニウム、インジウム、ボロンから選ばれる一種類あるいは複数の種類のⅢ族金属と窒素との化合物を意味する。

【0043】

また、アルカリ金属としては、通常、Na（ナトリウム）やK（カリウム）が使用されるが、Li（リチウム）やその他のアルカリ金属を使用することもできるし、あるいは、複数の種類のアルカリ金属を混合して使用する事もできる。

【0044】

また、Ⅲ族金属原料は、特に限定されるものではなく、Ⅲ族金属、Ⅲ族窒化物、Ⅲ族元素を構成元素とする物質、その他適宜使用することができる。

【0045】

また、窒素の原料は、特に限定されるものではなく、窒素を構成元素に含む物質を使用できる。例えば、Ⅲ族窒化物あるいはその他の窒素化合物を溶液中に溶解させてもよいし、窒素ガスやその他の窒素化合物の気体として気相から溶液中に溶解させても良い。

【0046】

また、Ⅲ族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質としては、特に限定されるものではない。また、この物質はⅢ族窒化物結晶中に不純物として取り込まれるものであっても良いし、Ⅲ族窒化物結晶中に取り込まれないものであっても良い。

【0047】

（第2の形態）

本発明の第2の形態は、第1の形態のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、Ⅲ族窒化物を種結晶から結晶成長させることを特徴としている。

【0048】

このように、第2の形態では、第1の形態のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、Ⅲ族窒化物を種結晶から結晶成長させるので、さらにⅢ族窒化物を所定の位置に結晶成長させることができる。また、結晶が成長する方向を特定することができる。その結果、溶液中の広い領域に結晶を成長させることができ、大きな結晶を作製することができる。

【0049】

なお、ここで、種結晶は、望ましくはⅢ族窒化物結晶が良いが、結晶成長が可能なものであれば、Ⅲ族窒化物以外の結晶であっても良い。また、その形状は特に限定されるものではなく、任意の形状で良い。

【0050】

（第3の形態）

本発明の第3の形態は、第2の形態のⅢ族窒化物の結晶成長方法において、種結晶は、少なくともⅢ族窒化物を結晶成長させる表面が、結晶成長させるⅢ族窒化物

と同種類のⅢⅢ族窒化物である事の特徴としている。

【0051】

このように、第3の形態では、第2の形態のⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記種結晶は、少なくともⅢⅢ族窒化物を結晶成長させる表面が、結晶成長させるⅢⅢ族窒化物と同種類のⅢⅢ族窒化物であるので、結晶成長するⅢⅢ族窒化物と種結晶が格子整合し、格子不整合による新たな欠陥が導入されることなく結晶成長させることができる。その結果、高品質のⅢⅢ族窒化物を結晶成長させることができる。

【0052】

(第4の形態)

本発明の第4の形態は、第1乃至第3のいずれかの形態のⅢⅢ族窒化物の結晶成長方法で作製されたⅢⅢ族窒化物結晶である。

【0053】

(第5の形態)

本発明の第5の形態は、第4の形態のⅢⅢ族窒化物結晶を用いた半導体デバイスである。

【0054】

(第6の形態)

本発明の第6の形態は、第5の形態の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスが第4の形態のⅢⅢ族窒化物結晶上に積層した半導体積層構造を有する発光素子であることを特徴としている。

【0055】

ここで、発光素子の形態は特に限定されるものではなく、発光ダイオード、半導体レーザー等、ⅢⅢ族窒化物結晶上に積層された半導体積層構造を有する発光素子であれば良い。

【0056】

(第7の形態)

本発明の第7の形態は、第5の形態の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスが第4の形態のⅢⅢ族窒化物結晶を用いて形成された受光素子であることを特徴としている。

【0057】

ここで、受光素子は、光導電セル、 $p-n$ 接合フォトダイオード、ヘテロ接合FET型受光素子、ヘテロ接合バイポーラ型フォトランジスタ等であり、特に限定されるものではない。

【0058】

(第8の形態)

本発明の第8の形態は、第5の形態の半導体デバイスにおいて、該半導体デバイスが第4の形態のⅢⅢ族窒化物結晶を用いて形成された電子デバイスであることを特徴としている。

【0059】

ここで、電子デバイスの形態は、特に限定されるものではなく、FETであってもHBTであっても良い。また、その目的用途も、高温動作デバイス、高周波デバイス、大電力電子デバイス等、特に限定されるものではない。

【0060】

(第9の形態)

本発明の第9の形態は、第5、第6、第7、第8の形態の半導体デバイスを具備したシステムである。

【0061】

システムとしては、例えば、第6の形態の半導体デバイス（発光素子）を光源として用いた照明装置、フルカラー大型表示装置、交通標識などであっても良いし、第6の形態の半導体デバイス（発光素子）を書き込みあるいは読み取り光源として用いた光記録装置で

あっても良いし、第6の形態の半導体デバイス（発光素子）を書き込み光源として用いた電子写真装置であっても良いし、第7の形態の半導体デバイス（受光素子）を光センサーとして具備した火災センサー、波長選択型検出器等であっても良いし、第8の形態の半導体デバイス（電子デバイス）を具備した移動通信システム等であっても良い。その他、第5、第6、第7、第8の形態の半導体デバイスを具備したシステムであれば、特に限定されるものではない。

【実施例1】

【0062】

実施例1では、アルカリ金属としてNa（ナトリウム）を使用し、また、III族元素の原料として金属Ga（ガリウム）を使用し、また、窒素原料として窒素ガスを用い、また、III族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質（以下、所定物質という）を使用して、III族窒化物としてGaNを結晶成長させた。

【0063】

より具体的に、Na、Ga、所定物質は、あらかじめ混合融液として溶液保持容器中に保持し、窒素は結晶成長中に気相から溶液中に溶解して供給し、GaNを結晶成長させた。

【0064】

図1は実施例1に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【0065】

図1の結晶成長装置は、ステンレス製の閉じた形状の反応容器11に、アルカリ金属とIII族金属を含む溶液25を保持し、結晶成長を行なうための溶液保持容器12が設けられている。

【0066】

この溶液保持容器12は、反応容器11から取り外すことができる。また、この溶液保持容器12の材質はBNである。

【0067】

また、反応容器11の内部空間23に窒素原料となる窒素（N₂）ガスを充満させ、かつ反応容器11内の窒素（N₂）圧力を調整することを可能にするガス供給管14が、反応容器11を貫通して装着されている。

【0068】

窒素ガスの圧力は圧力制御装置16で調整する事ができる。

【0069】

また、ガス供給管14は、バルブ18で分岐し、Arガスを導入することができる。

【0070】

Arガスの圧力は圧力制御装置19で調整する事ができる。

【0071】

また、反応容器11内の全圧力は圧力計22でモニターされる。

【0072】

また、反応容器11の外側にはヒーター13が設置されている。

【0073】

反応容器11は、バルブ21部分で結晶成長装置から取り外すことが可能であり、反応容器11部分のみをグローブボックスに入れて作業することができる。

【0074】

以下に、図1の結晶成長装置を使用した実施例1におけるGaNの成長方法を説明する。

【0075】

実施例1では、まず、反応容器11をバルブ21の部分で結晶成長装置から分離し、Ar雰囲気グローブボックスに入れる。

【0076】

次いで、BN製の溶液保持容器12に、III族金属原料としてGaを入れ、アルカリ金属としてナトリウム(Na)を入れる。溶液25中のNaの比率は $Na / (Na + Ga) = 0.7$ とした。

【0077】

また、上記溶液25中に、III族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質(所定物質)を入れた。

【0078】

次いで、溶液保持容器12を溶液保持容器保持台26に置き、反応容器11内に設置する。

【0079】

次いで、反応容器11を密閉し、バルブ21を閉じ、反応容器11内部を外部雰囲気と遮断する。

【0080】

次いで、反応容器11をグローブボックスから出し、結晶成長装置に組み込む。

【0081】

すなわち、反応容器11をヒーター13がある所定の位置に設置し、バルブ21の部分で窒素とアルゴンのガス供給ライン14に接続する。

【0082】

次いで、バルブ15、21を開け、反応容器11内に窒素ガスを入れる。このとき、圧力制御装置16で窒素圧力を3.3 MPaにした。この圧力は、この実施例1で使用した装置において、結晶成長温度(775℃)に昇温したときに、反応容器11内の全圧が4 MPaになる圧力である。

【0083】

次いで、バルブ15を閉じる。次いで、バルブ18を開け、反応容器11内にArガスを入れる。このとき、圧力制御装置19で圧力を6.6 MPaにした。すなわち、反応容器11内のArの分圧は3.3 MPaとなる。この圧力(6.6 MPa)は、この実施例1で使用した装置において、結晶成長温度(775℃)に昇温したときに、反応容器11内の全圧が8 MPaになる圧力である。すなわち、窒素とArの分圧がそれぞれ4 MPaとなる圧力である。

【0084】

次いで、バルブ18とバルブ21を閉じる。すなわち反応容器11を密閉する。

【0085】

次いで、ヒーター13に通電し、溶液を室温(27℃)から結晶成長温度まで1時間で昇温する。結晶成長温度は775℃とした。

【0086】

昇温に追従して、密閉された反応容器11内の圧力は上昇し、結晶成長温度775℃に達した時の反応容器11内の全圧は8 MPaになった。すなわち窒素とArの分圧はそれぞれ4 MPaとなった。

【0087】

この状態で300時間保持した後、室温まで降温する。

【0088】

結晶成長終了後、反応容器11を開けると、ほとんどのGaが窒素と反応し、溶液保持容器12の内壁に、c軸方向の長さが3 mm以上に伸びた柱状の無色透明なGaN₂9が多数成長していた。

【0089】

同様の結晶成長を溶液25中に所定物質を入れずに行なった場合には、c軸の長さが短い柱状結晶とc面を主面とする薄い板状のGaNが多数成長した。溶液25中に所定物質を混合した場合の方が、GaNはc軸方向の成長速度が速く、より短時間で大きな柱状結晶が成長した。

【実施例2】

【0090】

実施例2は実施例1とほぼ同様であるが、種結晶を使用して結晶成長を行なう点が異なっている。

【0091】

すなわち、実施例2では、アルカリ金属としてNa（ナトリウム）を使用し、III族元素の原料として金属Ga（ガリウム）を使用し、窒素原料として窒素ガスを用い、III族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質（所定物質）を使用し、種結晶にSiCを使用して、III族窒化物としてGaNを結晶成長させた。

【0092】

より具体的に、Na, Ga, 所定物質は、あらかじめ混合融液として溶液保持容器中に保持し、窒素は結晶成長中に気相から溶液中に溶解して供給し、種結晶SiCにGaNを結晶成長させた。

【0093】

図2は実施例2に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【0094】

図2の結晶成長装置は、種結晶を保持する機構が設けられている点以外は、図1の結晶成長装置と同様である。

【0095】

以下に、図2の結晶成長装置を使用した実施例2におけるGaNの成長方法を説明する。

【0096】

実施例2では、種結晶SiC35を、c軸を上下方向に向けて、溶液25の表面付近に浸し、そこに結晶成長させる点以外は実施例1と同様の方法でGaNの結晶成長を行なう。

【0097】

実施例1と同様の成長条件でGaNの結晶成長を行ない、反応容器11を開けると、溶液保持容器12の内壁には、柱状の微結晶37が成長していたが、種結晶35には、c軸方向の長さが10mm程度に伸びた柱状の無色透明なGaN36が成長していた。

【実施例3】

【0098】

実施例3では、アルカリ金属としてNa（ナトリウム）を使用し、III族窒化物の原料としてGaN（窒化ガリウム）を使用し、さらに、III族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質（所定物質）を使用し、高温部で原料GaNおよび所定物質をナトリウム溶液中に溶解し、低温部に設置した種結晶GaNにGaNを析出して結晶成長させた。

【0099】

図3は実施例3に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【0100】

図3の結晶成長装置は、ステンレス製の閉じた形状の反応容器41内に、アルカリ金属を含む溶液59を保持し、結晶成長を行うための溶液保持容器42が設けられている。

【0101】

この溶液保持容器42は反応容器41から取り外すことができる。また、この溶液保持容器42の材質はBNである。

【0102】

また、反応容器41の内部空間45に窒素(N₂)ガスとアルゴン(Ar)ガスを充填させ、かつ反応容器41内の窒素(N₂)圧力とアルゴン(Ar)ガス圧力を制御することを可能にするガス供給管49が、反応容器41を貫通して装着されている。

【0103】

なお、不活性気体としてのアルゴンを混合するのは、アルカリ金属の蒸発を抑制しつつ

、窒素ガスの圧力を独立して制御するためである。これにより、制御性の高い結晶成長が可能となる。

【0104】

ガス供給管 49 は、窒素供給管 54 とアルゴン供給管 57 とに分岐しており、それぞれ、バルブ 52, 55 で分離することが可能となっている。また、それぞれの圧力を圧力制御装置 53, 56 で調整する事ができる。

【0105】

また、反応容器 41 内の全圧力をモニターする為の圧力計 51 が設置されている。

【0106】

また、反応容器 41 の外側には、上部ヒーター 43 と下部ヒーター 44 が設置されており、上部ヒーター 43 と下部ヒーター 44 は任意の温度に制御することが可能となっている。

【0107】

また、溶液保持容器 42 内には、溶液の対流を抑制し、温度勾配をつけるためのバッファ 46 が設置されている。

【0108】

また、反応容器 41 は、この部分のみをグローブボックスに入れて作業することができる。

【0109】

以下に、図 3 の結晶成長装置を使用した実施例 3 における GaN の成長方法を説明する。

【0110】

実施例 3 では、まず、反応容器 41 をバルブ 50 の部分で結晶成長装置から分離し、Ar 雰囲気グローブボックスに入れる。

【0111】

次いで、BN 製の溶液保持容器 42 に、所定物質を入れ、III 族窒化物原料として GaN を入れ、アルカリ金属としてナトリウム (Na) を入れる。

【0112】

次いで、溶液保持容器 42 内のナトリウムを融解し、溶液保持容器 42 の上部から吊るした GaN 種結晶 48 を、c 軸を上下方向にそろえて、溶液 59 内の所定の位置に保持する。

【0113】

次いで、溶液保持容器 42 を反応容器 41 内に設置する。

【0114】

次いで、反応容器 41 を密閉し、バルブ 50 を閉じ、反応容器 41 内部を外部雰囲気と遮断する。

【0115】

一連の作業は高純度の Ar ガス雰囲気グローブボックス内で行うので、反応容器 41 内部には Ar ガスが充填されている。

【0116】

次いで、反応容器 41 をグローブボックスから出し、結晶成長装置に組み込む。

【0117】

すなわち、反応容器 41 をヒーター 43, 44 がある所定の位置に設置し、バルブ 50 の部分で窒素ガス供給ライン 49 に接続する。

【0118】

次いで、上部ヒーター 43 と下部ヒーター 44 に通電し、所定の結晶成長温度まで昇温する。

【0119】

下部ヒーターは原料 GaN 47 が溶融する温度とし、上部ヒーターは原料 GaN 47 がある部分よりも温度を下げ、種結晶 GaN 48 が結晶成長する温度とする。この実施例 3

では、原料 GaN 47 のある部分を 850℃ とし、種結晶 GaN 48 が結晶成長する部分を 775℃ とした。

【0120】

次いで、バルブ 50 とバルブ 55 を開け、Ar ガス供給管 57 から Ar ガスを入れ、圧力制御装置 56 で圧力を調整して反応容器 41 内の全圧を 4 MPa にしてバルブ 55 を閉じる。

【0121】

次いで、窒素ガス供給管 54 から窒素ガスを入れ、圧力制御装置 53 で圧力を調整してバルブ 52 を開け、反応容器 41 内の全圧を 8 MPa にする。すなわち、反応容器 41 の内部空間 45 の窒素の分圧は、4 MPa である。

【0122】

この状態で 400 時間保持し結晶成長を行い、その後、室温まで降温する。

【0123】

反応容器 41 内のガスの圧力を下げた後、反応容器 41 を開けると、種結晶 48 には、c 軸の長さが約 12 mm の無色透明な GaN の単結晶 58 が結晶成長していた。

【実施例 4】

【0124】

実施例 4 は実施例 1 とほぼ同様であるが、種結晶を使用して結晶成長を行なう点が異なっている。

【0125】

すなわち、実施例 4 では、アルカリ金属として Na (ナトリウム) を使用し、III 族元素の原料として金属 Ga (ガリウム) を使用し、窒素原料として窒素ガスをを用い、III 族窒化物結晶の c 軸に平行な方向の成長速度を c 軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質 (所定物質) を使用し、サファイア基板上に MOCVD で結晶成長した単結晶 GaN 薄膜を種結晶に使用して、III 族窒化物として GaN を結晶成長させた。

【0126】

より具体的に、Na, Ga, 所定物質は、あらかじめ混合融液として溶液保持容器中に保持し、窒素は結晶成長中に気相から溶液中に溶解して供給し、GaN 薄膜種結晶に GaN を結晶成長させた。

【0127】

図 4 は実施例 4 に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【0128】

図 4 の結晶成長装置は、図 1 の結晶成長装置と同様である。

【0129】

以下に、図 4 の結晶成長装置を使用した実施例 4 における GaN の成長方法を説明する。

【0130】

実施例 4 では、種結晶として、サファイア基板 60 上に MOCVD 法で単結晶 GaN 薄膜 61 を結晶成長したものを溶液保持容器 12 の底部に設置し、単結晶 GaN 薄膜 61 の表面に実施例 1 と同様の方法で、GaN の結晶成長を行なう。なお、単結晶 GaN 薄膜 61 の主面は c 面である。

【0131】

結晶成長後、反応容器 11 を開けると、溶液保持容器 12 の内壁には、柱状の微結晶 63 が成長していたが、サファイア基板 60 上には、単結晶 GaN 薄膜 61 を種結晶として、c 軸方向の厚さが 2 mm 程度の透明な GaN 結晶 62 が成長していた。

【実施例 5】

【0132】

実施例 5 は、第 6 の形態の半導体デバイス (発光素子) の一実施例である半導体レーザーである。

【0133】

図5、図6は実施例5の半導体レーザーを示す図である。なお、図5は実施例5の半導体レーザーの斜視図であり、また、図6はその光出射方向に垂直な面での断面図である。

【0134】

実施例5の半導体レーザーは第4の形態のGa_{0.9}N結晶で作製したn型Ga_{0.9}N基板500上に積層したIII族窒化物半導体積層構造で作製されている。

【0135】

すなわち、図5、図6において、半導体レーザー積層構造4000は、250μmの厚さのn型Ga_{0.9}N基板500上に、n型Ga_{0.9}N層400、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層410、n型Ga_{0.9}N光ガイド層420、In_{0.05}Ga_{0.95}N/In_{0.15}Ga_{0.85}N量子井戸活性層430、p型Ga_{0.9}N光ガイド層440、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層450、p型Ga_{0.9}Nキャップ層460が順次積層された構造であり、MOCVD法で結晶成長されて作製されている。

【0136】

そして積層構造4000は、p型Ga_{0.9}Nキャップ層460からp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層450の途中までをストライプ状に残してエッチングされ、電流狭窄リッジ導波路構造510が作製されている。この電流狭窄リッジ導波路構造はGa_{0.9}N基板の<1-100>方向に沿って形成されている。

【0137】

また、積層構造の表面には、SiO₂からなる絶縁膜470が形成されている。リッジ510上の絶縁膜470には、開口部が形成されている。この開口部で露出したp型Ga_{0.9}Nキャップ層460表面に、p側のオーミック電極480が形成されている。

【0138】

また、n型Ga_{0.9}N基板500の裏面には、n側のオーミック電極490が形成されている。n側オーミック電極490としては、Ti/Alを、p側オーミック電極480としては、Ni/Auを蒸着して形成した。

【0139】

また、リッジ510と活性層430に垂直に光共振器面4010、4020が形成されている。光共振器面4010、4020はGa_{0.9}N基板の<1-100>方向に沿った電流狭窄リッジ導波路構造510に垂直な(1-100)面をへき開することにより形成されている。

【0140】

n側オーミック電極490と光共振器面4010、4020は、n型Ga_{0.9}N基板500の裏面を80μmまで研磨した後に形成した。

【0141】

実施例5の半導体レーザーでは、p側のオーミック電極480とn側のオーミック電極490に電流を注入することによって、活性層にキャリアが注入され、発光、光の増幅が起り、光共振器面4010、4020から、レーザー光4110、4120が出射される。

【0142】

実施例5の半導体レーザーは、従来のサファイア基板等のIII族窒化物と異なる基板上にレーザー構造を結晶成長して作製されたものや、気相成長や、その他の手法で作製されたGa_{0.9}N基板上に作製されたものに比べ、基板上に積層されたレーザー構造の結晶欠陥が低く、結晶品質が高いため、高出力動作下においても長寿命であった。

【実施例6】

【0143】

実施例6は第7の形態の半導体デバイス（受光素子）の一実施例である。図7は実施例6の受光素子を示す図である。

【0144】

実施例6の受光素子は、第4の形態のIII族窒化物結晶で作製したn型Ga_{0.9}N基板600上に積層したIII族窒化物半導体積層構造で作製されている。

【0145】

ここで、GaN基板600の厚さは、300 μ mである。

【0146】

実施例6の受光素子の構造は、n型GaN基板600上に、n型GaN層610、絶縁性GaN層620が積層され、その上に、Ni/Auから成る透明ショットキー電極630が形成されたMIS型受光素子である。

【0147】

n型GaN基板600の裏面には、Ti/Alからなるオーミック電極640が形成され、透明ショットキー電極630の上部の一部には、Auからなる電極650が形成されている。

【0148】

実施例6の受光素子では、透明ショットキー電極630側から光（紫外線）6010を入射すると、キャリアが発生し、電極から光電流が取り出される。

【0149】

実施例6の受光素子は、従来のサファイア基板等のIII族窒化物と異なる基板上に受光素子構造を結晶成長して作製されたものや、気相成長や、その他の手法で作製されたGaN基板上に作製されたものに比べ、基板上に積層された受光素子構造の結晶欠陥が低く、結晶品質が高いので、暗電流が小さく、S/N比が高かった。

【実施例7】

【0150】

実施例7は第8の形態の半導体デバイス（電子デバイス）の一実施例である。図8は実施例7の半導体デバイス（電子デバイス）の断面図である。実施例7の電子デバイスは高電子移動度トランジスター（HEMT）である。

【0151】

実施例7の高電子移動度トランジスター（HEMT）は、第4の形態のGaN結晶で作製したGaN基板700上に積層したIII族窒化物半導体積層構造で作製されている。

【0152】

ここで、GaN基板700の厚さは、300 μ mである。

【0153】

高電子移動度トランジスター（HEMT）の構造は、GaN基板700上に積層された絶縁性GaN層710、n型AlGaN層720、n型GaN層730からなるリセスゲートHEMTである。

【0154】

n型GaN層730はゲート部分がn型AlGaN層720までエッチングされ、n型AlGaN層720にNi/Auからなるゲート電極760が形成されている。ゲートをはさんで両脇のn型GaN層730には、Ti/Alからなるドレイン電極750、ソース電極740がそれぞれ形成されている。

【0155】

実施例7の高電子移動度トランジスター（HEMT）は、従来のサファイア基板等のIII族窒化物と異なる基板上に高電子移動度トランジスター（HEMT）構造を結晶成長して作製されたものや、気相成長や、その他の手法で作製されたGaN基板上に作製されたものに比べ、基板上に積層された高電子移動度トランジスター（HEMT）構造の結晶欠陥が低く、結晶品質が高いので、欠陥による電極の異常拡散や短絡が抑制され、耐圧が高く、また、良好な周波数特性を示した。

【実施例8】

【0156】

実施例8は第9の形態のシステムの一実施例である。すなわち、実施例8は第6の形態の半導体デバイス（発光素子）を具備した照明装置である。

【0157】

図9は実施例8の照明装置の模式図である。また、図10は実施例8の照明装置の回路

図である。また、図11は実施例8の照明装置の光源である白色LEDモジュールの断面図である。また、図12は白色LEDのモジュールの光源である紫外発光LEDの断面図である。

【0158】

実施例8の照明装置は、2個の白色LEDモジュール9020と電流制限抵抗960、直流電源970、スイッチ980とが直列に接続されており、スイッチ980のオン、オフによって、白色LEDモジュール9020を発光させるようになっている。

【0159】

ここで、白色LEDモジュール9020は、紫外発光LED900にYAG系蛍光体910が塗布された構造をなす。そして、電極端子940、950間に所定の電圧を印加すると、紫外発光LED900が発光し、その紫外光によってYAG系蛍光体910が励起され、白色光9010が取り出される。

【0160】

ここで、紫外発光LED900は、第4の形態のIII族窒化物結晶で作製したn型GaN基板800上に積層したIII族窒化物半導体積層構造で作製されている。

【0161】

GaN基板800の厚さは、300 μ mである。

【0162】

紫外発光LED900の構造は、n型GaN基板800上に、n型GaN層810、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層820、InGaN/GaN多重量子井戸構造を有する活性層830、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層840、p型GaN層850が積層され、その上に、Ni/Auから成る透明オーミック電極860が形成されている。透明オーミック電極860上には、Ni/Auから成るワイヤーボンディング用の電極870が形成されている。また、n型GaN基板800の裏面には、Ti/Alからなるオーミック電極880が形成されている。

【0163】

この紫外発光LED900では、p側の電極870とn側のオーミック電極880に電流を注入することによって、活性層にキャリアが注入され、発光し、LED外部に紫外光8010が取り出される。

【0164】

この実施例8のLEDは、従来のサファイア基板等のIII族窒化物と異なる基板上にLED構造を結晶成長して作製されたものや、気相成長や、その他の手法で作製されたGaN基板上に作製されたものに比べ、基板上に積層されたLED構造の結晶欠陥が低く、結晶品質が高いため、発光効率が高く、高出力動作する。

【0165】

従って、実施例8の照明器具は、従来のサファイア基板等のIII族窒化物と異なる基板上にLED構造を結晶成長して作製されたものや、気相成長や、その他の手法で作製されたGaN基板上に作製された紫外LEDを使用した白色LED照明器具よりも、明るく、低消費電力である。

【産業上の利用可能性】

【0166】

本発明は、光ディスク用青紫色光源、紫外光源(LED、LED)、電子写真用青紫色光源、III族窒化物電子デバイスなどに利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0167】

【図1】実施例1に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【図2】実施例2に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【図3】実施例3に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【図4】実施例4に用いられた結晶成長装置の構成例を示す図である。

【図 5】 実施例 5 の半導体レーザーの斜視図である。

【図 6】 実施例 5 の半導体レーザーの光出射方向に垂直な面での断面図である。

【図 7】 実施例 6 の受光素子の断面図である。

【図 8】 実施例 7 の電子デバイスの断面図である。

【図 9】 実施例 8 の照明装置の模式図である。

【図 10】 実施例 8 の照明装置の回路図である。

【図 11】 実施例 8 の照明装置の光源である白色 LED モジュールの断面図である。

【図 12】 実施例 8 の白色 LED のモジュールの光源である紫外発光 LED の断面図である。

【図 13】 従来技術における結晶成長装置の構成例を示す図である。

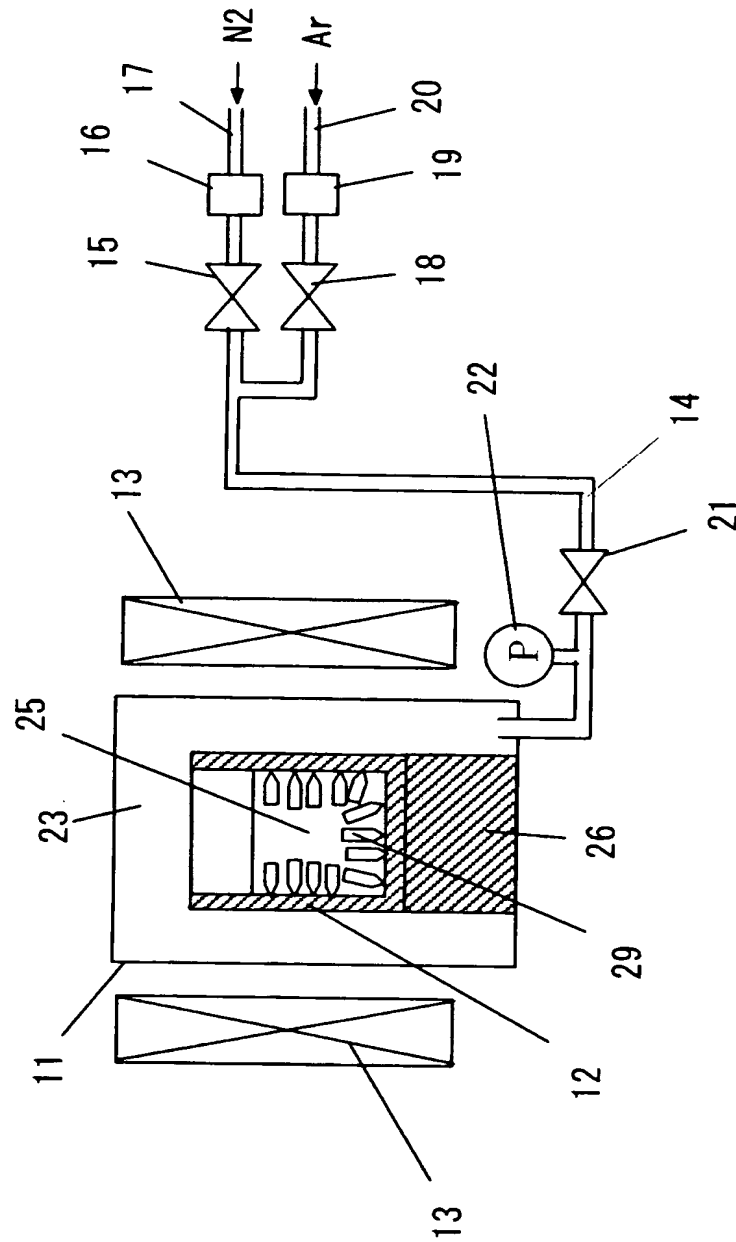
【符号の説明】

【0168】

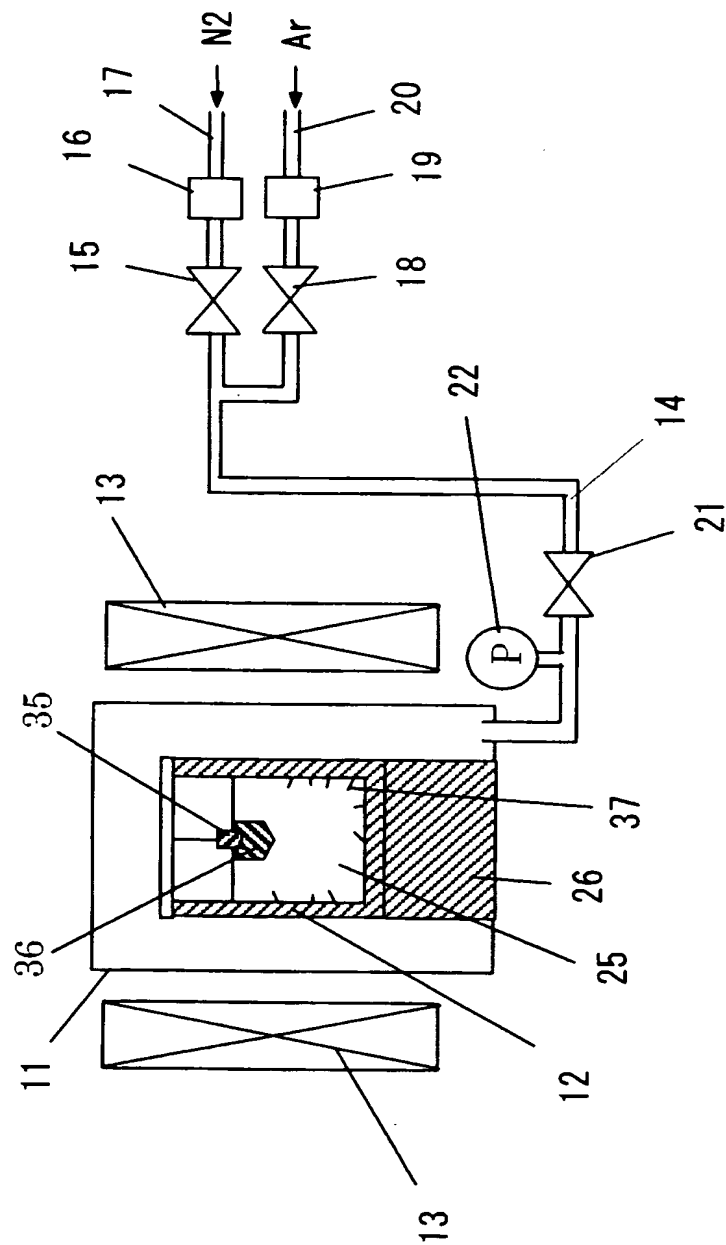
| | | |
|------------------------|--------------|-------|
| 11, 41 | 反応容器 | |
| 12, 42 | 溶液保持容器 | |
| 13 | ヒーター | |
| 14, 49 | ガス供給管 | |
| 15, 18, 21, 50, 52, 55 | | バルブ |
| 16, 19, 53, 56 | | 圧力調整器 |
| 17, 54 | 窒素供給管 | |
| 20, 57 | アルゴン供給管 | |
| 22, 51 | 圧力計 | |
| 23, 45 | 内部空間 | |
| 24 | 原料 GaN 保持容器 | |
| 25, 59 | 溶液 | |
| 26 | 溶液保持容器保持台 | |
| 27 | 冷却棒 | |
| 28 | 蓋 | |
| 29 | GaN 柱状結晶 | |
| 47 | 原料 GaN | |
| 35 | 種結晶 SiC | |
| 36, 58, 62 | 種結晶に成長した GaN | |
| 37, 63 | 柱状 GaN 微結晶 | |
| 43 | 上部ヒーター | |
| 44 | 下部ヒーター | |
| 46 | バッファー | |
| 48 | 種結晶 GaN | |
| 60 | サファイア基板 | |
| 61 | GaN 薄膜 | |
| 101 | 反応容器 | |
| 102 | 成長容器 | |
| 103 | III 族金属供給管 | |
| 104 | III 族金属 | |
| 105 | III 族金属供給管の穴 | |
| 106 | 加圧装置 | |
| 107 | 反応容器の内部空間 | |
| 108 | 窒素供給管 | |
| 109 | 圧力制御装置 | |
| 110 | 下部ヒーター | |
| 111 | 側部ヒーター | |
| 400 | n 型 GaN 層 | |

| | |
|-----------|---|
| 410 | n型Al _{0.2} Ga _{0.8} Nクラッド層 |
| 420 | n型Ga _{0.8} N光ガイド層 |
| 430 | In _{0.05} Ga _{0.95} N/I _{0.15} Ga _{0.85} N量子井戸活性層 |
| 440 | p型Ga _{0.8} N光ガイド層 |
| 450 | p型Al _{0.2} Ga _{0.8} Nクラッド層 |
| 460 | p型Ga _{0.8} Nキャップ層 |
| 470 | 絶縁膜 |
| 480 | p側のオーミック電極 |
| 490 | n側のオーミック電極 |
| 500 | n型Ga _{0.8} N基板 |
| 510 | 電流狭窄リッジ導波路構造 |
| 600 | n型Ga _{0.8} N基板 |
| 610 | n型Ga _{0.8} N層 |
| 620 | 絶縁性Ga _{0.8} N層 |
| 630 | 透明ショットキー電極 |
| 640 | オーミック電極 |
| 650 | 電極 |
| 700 | Ga _{0.8} N基板 |
| 710 | 絶縁性Ga _{0.8} N層 |
| 720 | n型AlGa _{0.8} N層 |
| 730 | n型Ga _{0.8} N層 |
| 740 | ソース電極 |
| 750 | ドレイン電極 |
| 760 | ゲート電極 |
| 800 | n型Ga _{0.8} N基板 |
| 810 | n型Ga _{0.8} N層 |
| 820 | n型Al _{0.1} Ga _{0.9} N層 |
| 830 | InGa _{0.8} N/Ga _{0.8} N多重量子井戸構造を有する活性層 |
| 840 | p型Al _{0.1} Ga _{0.9} N層 |
| 850 | p型Ga _{0.8} N層 |
| 860 | 透明オーミック電極 |
| 870 | 電極 |
| 880 | n側のオーミック電極 |
| 900 | 紫外発光LED |
| 910 | YAG系蛍光体 |
| 920 | 金ワイヤー |
| 930 | レンズ |
| 940、950 | 電極端子 |
| 960 | 電流制限抵抗 |
| 970 | 直流電源 |
| 980 | スイッチ |
| 4000 | 積層構造 |
| 4010、4020 | 光共振器面 |
| 4110、4120 | レーザー光 |
| 6010 | 光(紫外線) |
| 8010 | 紫外光 |
| 9010 | 白色光 |
| 9020 | 白色LEDモジュール |

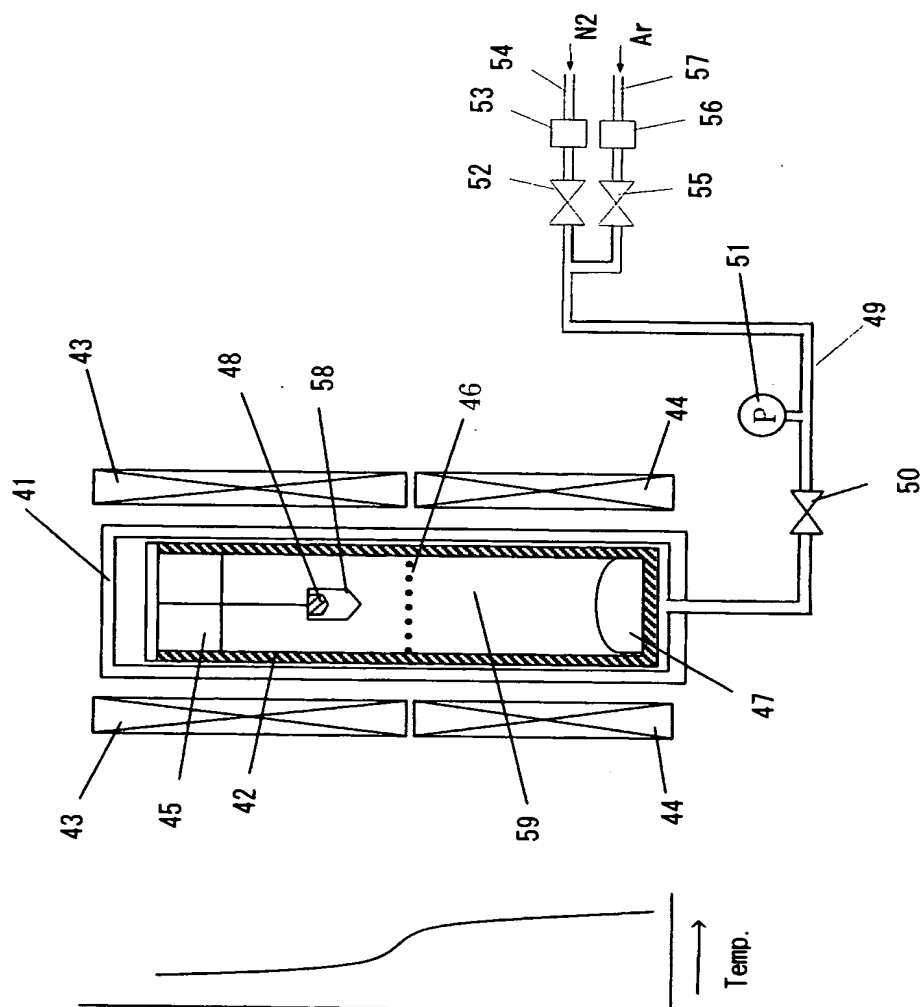
【書類名】 図面
【図 1】



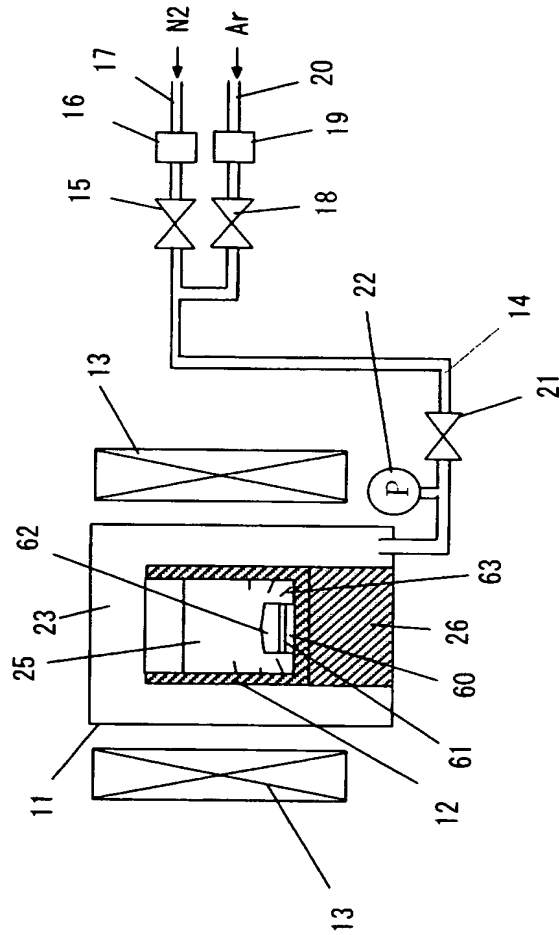
【図 2】



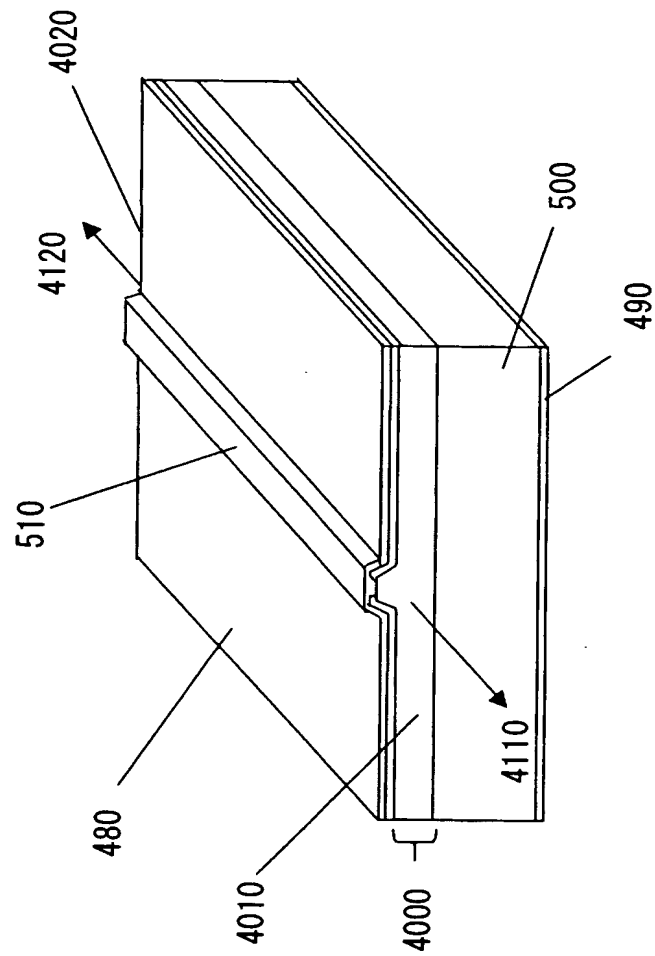
【図 3】



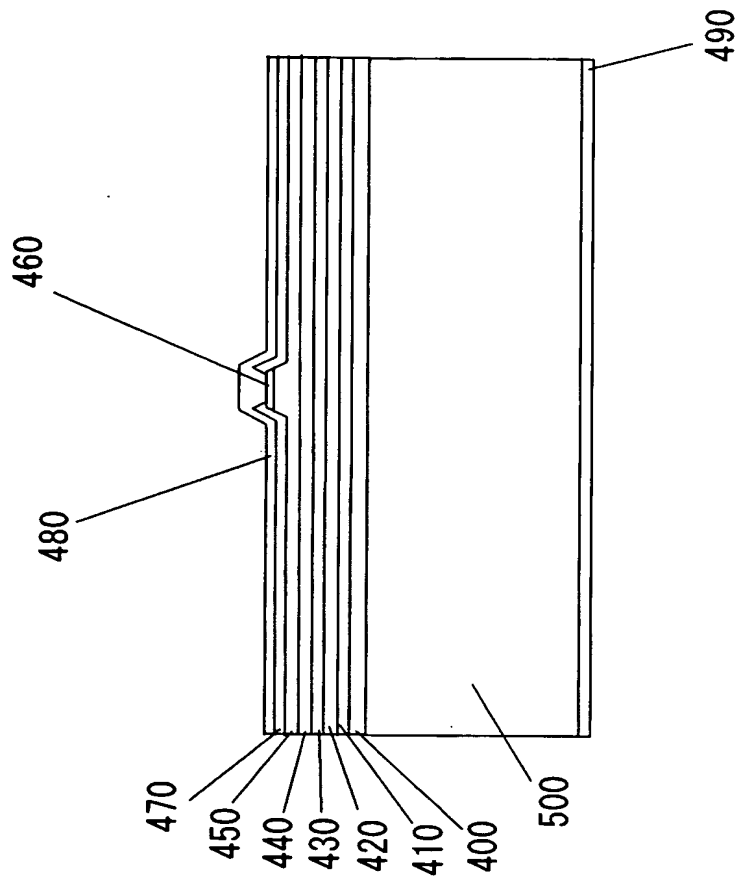
【図 4】



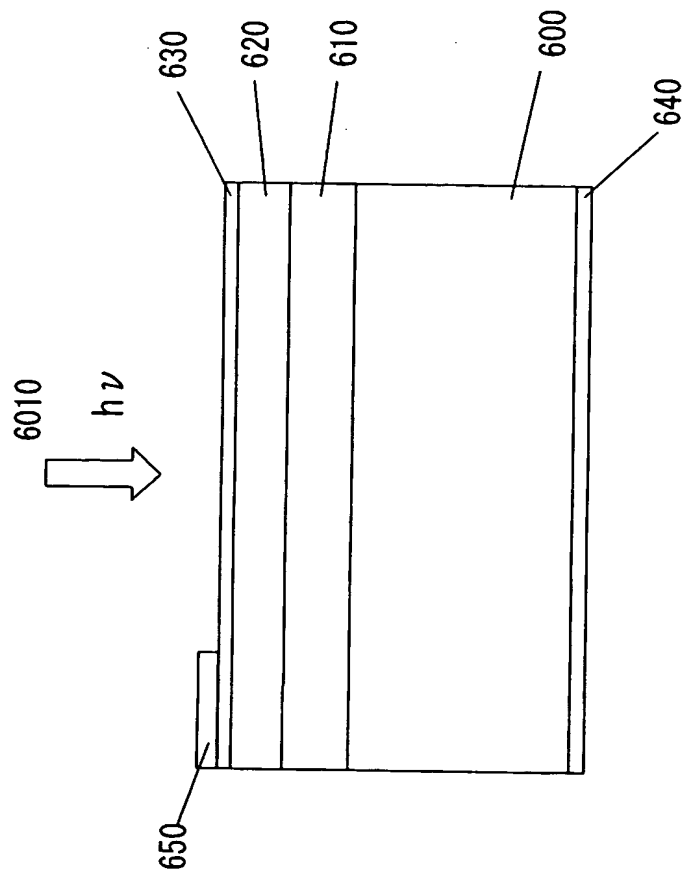
【図 5】



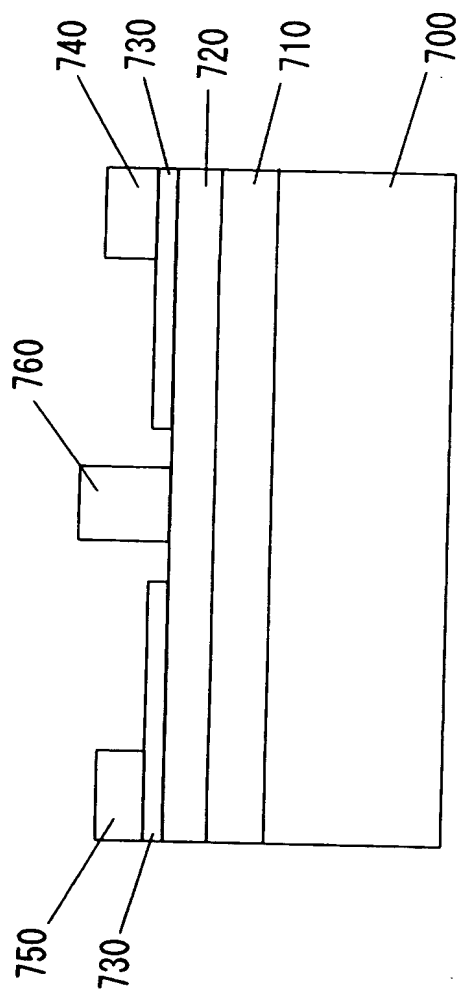
【図 6】



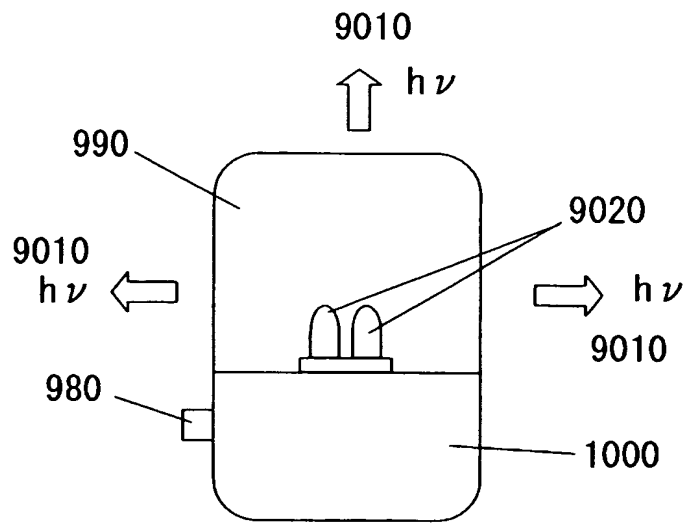
【図 7】



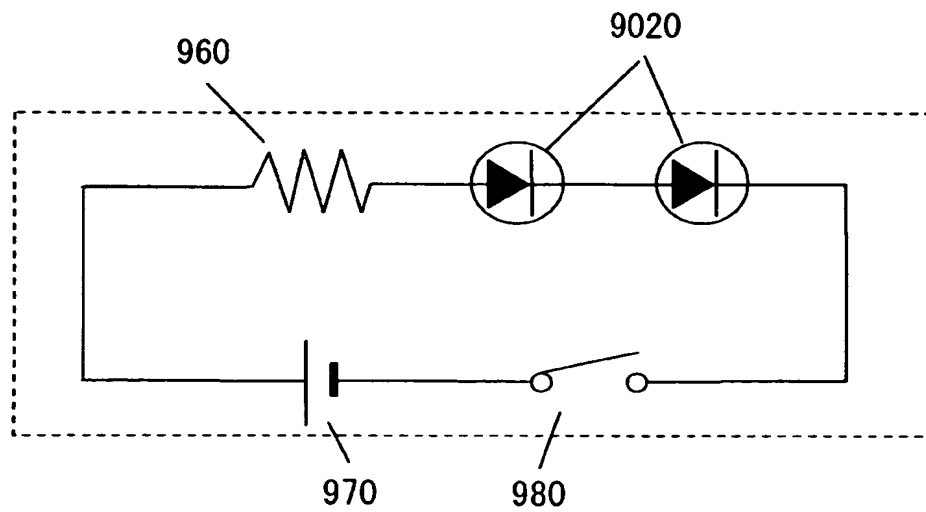
【図 8】



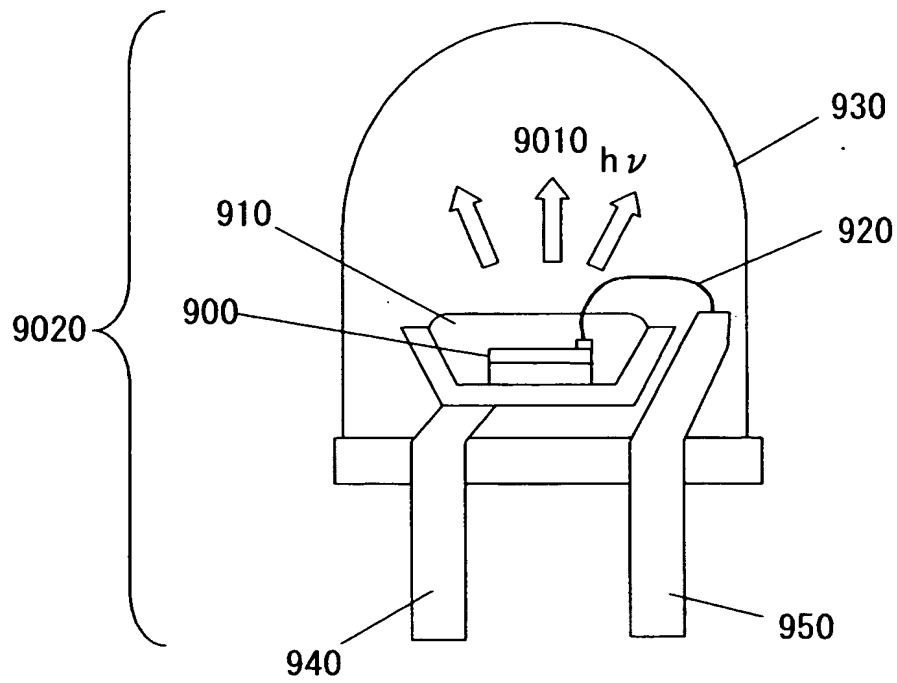
【図 9】



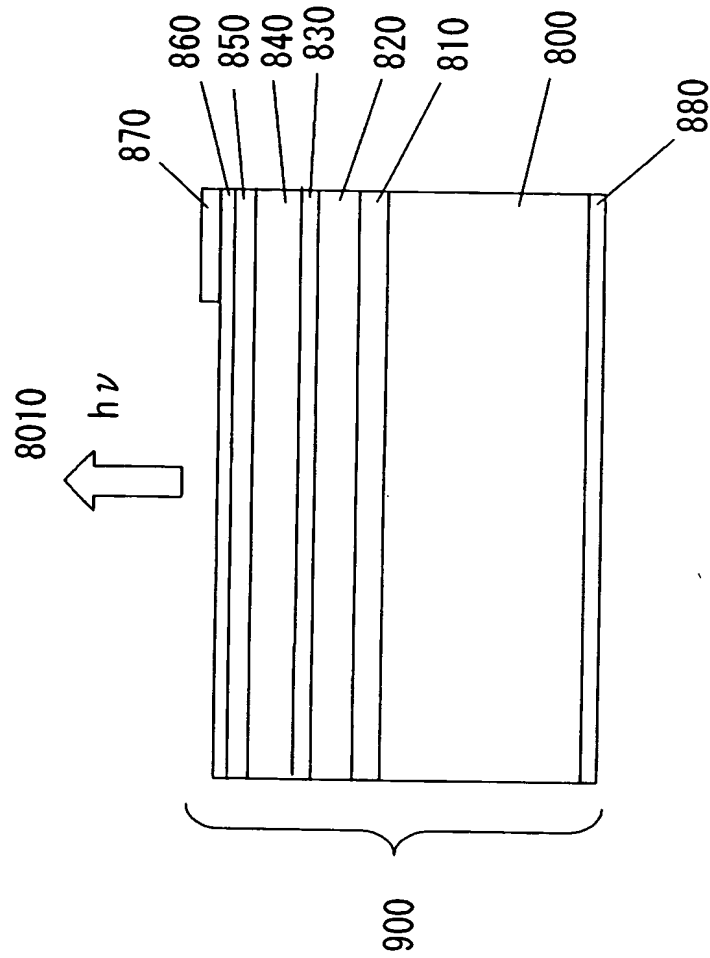
【図 10】



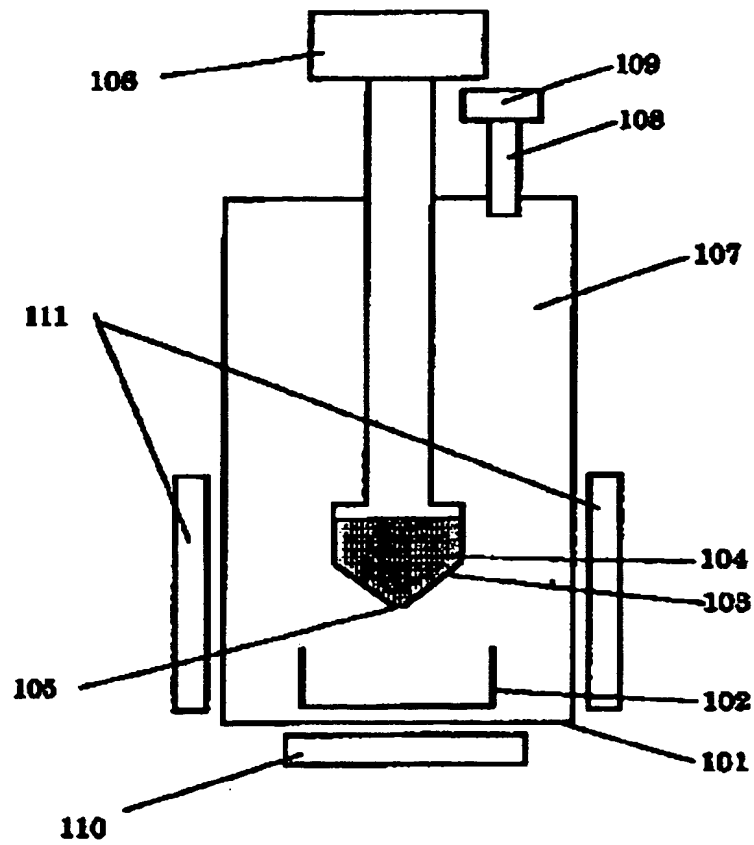
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりも低コストで、実用的な大きさの大型、大面積の高品質なⅢ族窒化物結晶を作製することの可能なⅢ族窒化物の結晶成長方法を提供する。

【解決手段】 少なくともアルカリ金属とⅢ族金属原料と窒素とが溶解した溶液からⅢ族窒化物結晶を成長させるⅢ族窒化物の結晶成長方法において、前記溶液に、Ⅲ族窒化物結晶のc軸に平行な方向の成長速度をc軸に垂直な方向の成長速度よりも速くさせる物質を含ませて、Ⅲ族窒化物結晶29を成長させる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 1 2 9 0 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 7 4 7]

| | |
|----------|------------------------|
| 1. 変更年月日 | 2 0 0 2 年 5 月 1 7 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 株式会社リコー |